

建筑材料化学

吴宝琨 卢 璋 廉慧珍 编

中国建筑工程出版社

目 录

第一篇 无机材料化学

第一章 无机材料化学概论	1
第一节 物质的聚集状态	1
第二节 无机材料的化学成分	6
第三节 硅酸盐化学概论	11
第四节 无机建筑材料基本化学反应	18
第二章 天然及人工硅酸盐材料	21
第一节 天然石材	21
第二节 砂子和粘土	24
第三节 烧粘土制品——建筑陶瓷	26
第四节 建筑玻璃	31
第五节 硅酸钙材料	37
第三章 气硬性胶凝材料化学	40
第一节 气硬性石灰	40
第二节 镁质胶凝材料的硬化和特性	46
第三节 石膏胶凝材料	48
第四节 水玻璃	53
第四章 水泥化学	59
第一节 水泥的分类	59
第二节 硅酸盐水泥	61
第三节 水泥的活性混合材料及掺活性混合材料的硅酸盐水泥	81
第四节 其他品种水泥	87
第五章 混凝土化学	93
第一节 混凝土的一般概念	93
第二节 碱-集料反应	94
第三节 混凝土水化硬化的放热效应及其对工程的影响	95

第四节	混凝土的碳化	99
第五节	混凝土的抗冻性及其在负温下的硬化	102
第六节	混凝土的耐碱性	106
第七节	混凝土的耐火性	107
第八节	侵蚀性水和蒸气对混凝土的破坏作用	111
第六章	混凝土化学外加剂	114
第一节	外加剂的分类和用途	114
第二节	外加剂在混凝土或砂浆中的作用机理	115
第三节	界面活性物质外加剂的作用机理	120
第四节	引气剂和发泡剂	127
第五节	减水剂	128
第六节	调凝剂	132
第七节	其它外加剂	135
第八节	国内外外加剂使用近况	136

第二篇 金属材料化学

第七章	金属材料化学概论	146
第一节	金属的物理和机械性质	146
第二节	金属晶体结构	148
第三节	金属的结晶和同素异晶转变	155
第四节	金属的化学性质	160
第五节	金属的腐蚀和防护	165
第八章	钢铁	177
第一节	铁的性质、用途及其重要化合物	178
第二节	钢	180
第三节	铁碳合金	180
第四节	碳钢的分类和用途	189
第五节	生铁和铸铁	190
第九章	合金钢	192
第一节	合金的构造	192
第二节	合金元素的作用	196
第三节	合金钢的分类	198

第四节	普通低合金钢	200
第五节	其它合金钢	203
第十章	铝及铝合金	207
第一节	铝的性质和用途	207
第二节	铝合金	210
第三节	铝及铝合金的防腐措施	215

第三篇 有机材料化学

第十一章	有机材料化学概论	223
第一节	高分子有机材料的特点	223
第二节	高分子化合物的命名和分类	225
第三节	高分子化合物的合成	226
第四节	高分子化合物的结构与性质	228
第五节	高分子化合物的聚集状态与物理性质	231
第六节	高分子化合物的改性与老化	238
第十二章	合成树脂与塑料	242
第一节	塑料的成分及其分类	243
第二节	塑料的性能	243
第三节	建筑工程中常用的塑料	245
第十三章	橡胶和纤维	259
第一节	橡胶	260
第二节	纤维	268
第十四章	粘接剂	272
第一节	粘接剂的组成	272
第二节	粘接剂的分类	274
第三节	粘接的基本原理	275
第四节	土建工程中常用的粘接剂	282
第五节	土建工程中的粘接技术	285
第十五章	有机涂料	287
第一节	涂料的功用和组成	287
第二节	涂料的主要成膜物质——固着剂	288
第三节	颜料、溶剂及其它辅助料	293

第四节 几种常用涂料简介297

第五节 土建工程中常用的涂饰材料303

第十六章 化学灌浆材料.....305

第一节 概述305

第二节 化学灌浆材料的分类、特性和要求306

第三节 几种常用化学灌浆材料的配制、性能和用途308

主要参考资料320

本书介绍建筑材料方面的有关化学基础知识。分无机材料、金属材料、有机材料三个部分。着重介绍各种材料的化学组成、内部结构以及生产、应用中的化学原理。对传统材料如砂石、水泥、混凝土、钢铁、铝合金等，结合实际的应用作了较详细的论述；对塑料、合成橡胶等新兴建筑材料，则着重介绍它们的基本知识和特点，以及它们在工程建设中应用的注意事项。最后还概略地介绍了目前我国建筑中使用的化学灌浆材料。

本书可供从事建筑和建筑材料专业的技术人员和工人阅读，或大专院校的学生参考。

本书由清华大学吴宝琨、卢璋、廉慧珍同志编写。各章分工：1~5章由廉慧珍编写；6、9、10、14、15章由卢璋编写，其余各章由吴宝琨编写。

建筑材料化学

吴宝琨 卢璋 廉慧珍 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
西安新华印刷厂印装

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：10¹/₄ 插页：1 字数：275千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷

印数：1—10,400册 定价：1.35元

统一书号：15040·4615

建筑材料化学

吴宝琨 卢 璋 廉慧珍 编

中国建筑工业出版社

本书介绍建筑材料方面的有关化学基础知识。分无机材料、金属材料、有机材料三个部分。着重介绍各种材料的化学组成、内部结构以及生产、应用中的化学原理。对传统材料如砂石、水泥、混凝土、钢铁、铝合金等，结合实际的应用作了较详细的论述；对塑料、合成橡胶等新兴建筑材料，则着重介绍它们的基本知识和特点，以及它们在工程建设中应用的注意事项。最后还概略地介绍了目前我国建筑中使用的化学灌浆材料。

本书可供从事建筑和建筑材料专业的技术人员和工人阅读，或大专院校的学生参考。

本书由清华大学吴宝琨、卢璋、廉慧珍同志编写。各章分工：1~5章由廉慧珍编写；6、9、10、14、15章由卢璋编写，其余各章由吴宝琨编写。

建筑材料化学

吴宝琨 卢璋 廉慧珍 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
西安新华印刷厂印装

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：10¹/₄ 插页：1 字数：275千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷

印数：1—10,400册 定价：1.35元

统一书号：15040·4615

目 录

第一篇 无机材料化学

第一章 无机材料化学概论	1
第一节 物质的聚集状态	1
第二节 无机材料的化学成分	6
第三节 硅酸盐化学概论	11
第四节 无机建筑材料基本化学反应	18
第二章 天然及人工硅酸盐材料	21
第一节 天然石材	21
第二节 砂子和粘土	24
第三节 烧粘土制品——建筑陶瓷	26
第四节 建筑玻璃	31
第五节 硅酸钙材料	37
第三章 气硬性胶凝材料化学	40
第一节 气硬性石灰	40
第二节 镁质胶凝材料的硬化和特性	46
第三节 石膏胶凝材料	48
第四节 水玻璃	53
第四章 水泥化学	59
第一节 水泥的分类	59
第二节 硅酸盐水泥	61
第三节 水泥的活性混合材料及掺活性混合材料的硅酸盐水泥	81
第四节 其他品种水泥	87
第五章 混凝土化学	93
第一节 混凝土的一般概念	93
第二节 碱-集料反应	94
第三节 混凝土水化硬化的放热效应及其对工程的影响	96

第四节	混凝土的碳化	99
第五节	混凝土的抗冻性及其在负温下的硬化	102
第六节	混凝土的耐碱性	106
第七节	混凝土的耐火性	107
第八节	侵蚀性水和蒸气对混凝土的破坏作用	111
第六章	混凝土化学外加剂	114
第一节	外加剂的分类和用途	114
第二节	外加剂在混凝土或砂浆中的作用机理	115
第三节	界面活性物质外加剂的作用机理	120
第四节	引气剂和发泡剂	127
第五节	减水剂	128
第六节	调凝剂	132
第七节	其它外加剂	135
第八节	国内外外加剂使用近况	136

第二篇 金属材料化学

第七章	金属材料化学概论	146
第一节	金属的物理和机械性质	146
第二节	金属晶体结构	148
第三节	金属的结晶和同素异晶转变	155
第四节	金属的化学性质	160
第五节	金属的腐蚀和防护	165
第八章	钢铁	177
第一节	铁的性质、用途及其重要化合物	178
第二节	钢	180
第三节	铁碳合金	180
第四节	碳钢的分类和用途	189
第五节	生铁和铸铁	190
第九章	合金钢	192
第一节	合金的构造	192
第二节	合金元素的作用	196
第三节	合金钢的分类	198

第四节	普通低合金钢	200
第五节	其它合金钢	203
第十章	铝及铝合金	207
第一节	铝的性质和用途	207
第二节	铝合金	210
第三节	铝及铝合金的防腐措施	215

第三篇 有机材料化学

第十一章	有机材料化学概论	223
第一节	高分子有机材料的特点	223
第二节	高分子化合物的命名和分类	225
第三节	高分子化合物的合成	226
第四节	高分子化合物的结构与性质	228
第五节	高分子化合物的聚集状态与物理性质	231
第六节	高分子化合物的改性老化	238
第十二章	合成树脂与塑料	242
第一节	塑料的成分及其分类	243
第二节	塑料的性能	243
第三节	建筑工程中常用的塑料	245
第十三章	橡胶和纤维	259
第一节	橡胶	260
第二节	纤维	268
第十四章	粘接剂	272
第一节	粘接剂的组成	272
第二节	粘接剂的分类	274
第三节	粘接的基本原理	275
第四节	土建工程中常用的粘接剂	282
第五节	土建工程中的粘接技术	285
第十五章	有机涂料	287
第一节	涂料的功用和组成	287
第二节	涂料的主要成膜物质——固着剂	288
第三节	颜料、溶剂及其它辅助料	293

第四节	几种常用涂料简介	297
第五节	土建工程中常用的涂饰材料	303
第十六章	化学灌浆材料	305
第一节	概述	305
第二节	化学灌浆材料的分类、特性和要求	306
第三节	几种常用化学灌浆材料的配制、性能和用途	308
主要参考资料		320

的全部钙盐和镁盐所组成的硬度称为总硬度。

各国对水的硬度表示方法不同，我国常用德国度表示，即100升水中含1克 CaCl_2 或1升水中含10毫克 CaO 为1度。在水处理中，为了便于计算，多用钙、镁离子的毫克当量/升表示。

1毫克当量/升=2.8德国度。我国饮用水标准规定总硬度不大于25度，即每升水中钙、镁离子总量应小于9毫克当量。

二、铝

铝是自然界最普遍的金属，其分布在氧、氢、硅之后，居第四位。在地壳中，铝占地壳重量的8%左右，主要集中在铝硅酸盐矿物中，如粘土、长石、云母、高岭石等。我国有丰富的矾土蕴藏量，可用作制造特种水泥的原料。铝比重2.7，具有很大的延展性及抗张强度，耐热、耐腐蚀性能好。

铝在空气中极易氧化生成十分紧密的氧化铝薄膜，这层膜保护铝不再进一步氧化。加热铝的粉末，能在空气中剧烈燃烧，放出巨大热量。因此作为加气混凝土发气剂的铝粉应妥善保管。

氧化铝为白色，极难熔，不溶于水，自然界的刚玉(Al_2O_3)以及煅烧的 Al_2O_3 硬度很高。含有氧化铁的天然刚玉或用熔化石制造的氧化铝被用于制造磨具如砂轮、砂纸，称为金刚砂。含不同杂质的刚玉透明晶体因具有各种颜色而成为各种色彩的宝石。

氢氧化铝是典型的两性氢氧化物，与酸作用生成含铝离子水化物 $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 的盐；与碱作用生成含有 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 阴离子的盐，称为铝酸盐。氢氧化铝与弱酸作用或者完全不生成盐，或者生成碱式盐。如果以苏打(Na_2CO_3)作用于铝盐溶液，生成的是氢氧化铝而不是碳酸铝。

氢氧化铝凝胶也称为铝胶，水泥的铝酸盐水化后，有一部分就生成铝胶，但加热沉淀或在溶液中放置很久后，其组成可变成近于 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，用X-射线衍射证明它具有微晶体的结构。天然晶体的氢氧化铝矿物存在于天然矾土矿中，有水铝石 HAl_2O_2 、水矾土 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等。

三、镁

金属镁为白色，比重1.74。镁在自然界以碳酸镁的形态大量存在。例如菱镁矿 MgCO_3 、白云石 $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ 。天然石灰岩中常混有少量 MgCO_3 ，使煅烧的生石灰含有 MgO 。天然硅酸镁有滑石 $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 和石棉 $\text{CaO} \cdot 3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$ 。天然石棉多为含水状态，由于含杂质不同而有不同品种。主要有温石棉 $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ，属粘土矿物，耐酸差，耐碱好，耐热 550°C ，柔软纺织性好；青石棉 $\text{NaMgFe}_3(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2$ ，耐酸、碱好，耐热稍差；铁石棉 $\text{MgFe}_6(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2$ ，耐酸、碱好，纤维长，弹性较大，容重低，但较硬，抗拉强度低。石棉耐火，传热性差，为纤维结构，可做优良的绝热材料或与胶凝材料混合制成加筋材料制品，如水泥石棉板、水泥石棉瓦等。

煅烧天然菱镁矿所得氧化镁熔点高（近 3000°C ），用以制造耐火管、砖及坩埚等耐火材料制品。

氢氧化镁 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 稍溶于水，具中等强度的碱性。氯化镁 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 无色、易溶，在空气中易潮解。硫酸镁 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 易溶于水。

四、碳

自然界中的碳不但以游离状态存在，如石墨、金刚石和无定形碳，而且以很多化合物状态存在。碳在自然界中含量不算最多，但对人类却有重大的意义。

与无机建筑材料有关的碳的化合物主要是二氧化碳和碳酸盐。近来处理工业三废中也将电石渣（碳化钙 CaC_2 与水作用生成乙炔气后的废渣）作为含钙材料而应用于建筑工业中。

自然界的碳酸盐分布很广，特别是钙盐和镁盐。构成碳酸盐晶体结构中的碳酸根为 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 。与 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 结合的阳离子主要二价金属。半径比 Ca^{2+} 小的离子组成三方晶系的碳酸盐；半径比 Ca^{2+} 大的离子组成斜方晶系的碳酸盐。钙盐有两种变体——三方晶系的方解石和斜方晶系的文石，由方解石组成的石灰岩、大理岩（俗称石灰石、大理石）是重要的建筑材料和原料。菱镁

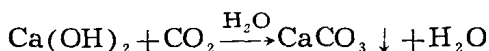
矿、白云石等镁盐也是重要的建筑材料的原料之一。

碳酸钙或碳酸镁不溶于水，只有加热到高温时才分解生成钙和镁的氧化物和二氧化碳。在酸的作用下，碳酸盐易分解生成相应酸的盐、水和二氧化碳。所以将盐酸滴于大理石上，迅速出现泡沫而腐蚀。



故大理石或汉白玉的雕饰不宜用于含酸蒸气的环境中。

钙和镁的酸式碳酸盐能溶于水。在石灰水中通入 CO_2 气，溶液中因生成不溶的 CaCO_3 沉淀而混浊：



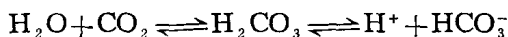
在建筑材料中常用这个原理将能溶于水的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 制品变成不溶的 CaCO_3 ，称为碳化。制品表面碳化可提高防水性能，并提高强度。

当通入过量的 CO_2 时，又因生成酸式碳酸钙溶解于水而使溶液变清：



$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 又是不稳定的，失去 CO_2 时，又会变成 CaCO_3 沉积下来，这就是天然地下岩洞中千奇百怪的钟乳石的成因。

二氧化碳在通常情况下为无色略有酸味的气体，比重比空气重约一半， 20°C 时，1体积水能溶解0.88体积的 CO_2 ， 0°C 时能溶解1.7体积的 CO_2 。 CO_2 溶解后形成碳酸：



碳酸是很弱的酸，主要形成 H^+ 和 HCO_3^- 离子，离解度很小。

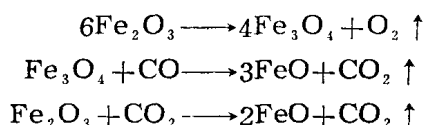
在常温时，约60大气压下， CO_2 变为液体，贮存于钢筒中运输。将液态 CO_2 迅速倒出，由于 CO_2 蒸发需要吸收大量热，以致凝固成白色雪状固体，称为干冰。干冰在常压低于 -78°C 升华。压紧的干冰蒸发缓慢，蒸发时使周围温度剧烈下降。

五、铁

铁是除铝外在地球上分布最广的金属，约占地壳总重量的5%。当使用天然原料制造无机建筑材料时，往往其中含有少量

铁的杂质；使材料着色。这种铁的杂质往往以 Fe_2O_3 的形式出现，也可形成络离子 $[\text{Fe}_2\text{O}_4]^{2-}$ ，如水泥水化后水化物中的水化铁酸钙 $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

粘土及粘土质岩石中含有的氧化铁在焙烧加热过程中经分解、还原反应产生气体：



这是粘土陶粒和页岩陶粒焙烧膨胀的原因之一。但高价氧化物比低价氧化铁易于分解和还原。在陶粒焙烧温度下，并不是所有氧化铁都起作用。

铁的不同化合物，由于有不同的颜色，在建筑材料常以其掺入一些胶凝材料进行饰面的装修。硫酸亚铁 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 称为绿矾，为易溶于水的浅绿色晶体。绿矾在空气中从表面开始氧化，变为黄褐色三价铁的碱式盐，在建筑工业中常用来保存木材。无水氧化亚铁 FeO 为黑色，称铁黑。三氯化铁 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 通常是深黄色。无水三氯化铁是暗绿色。硫酸铁与硫酸铵组成的铵铁矾 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 是美丽的淡紫色晶体。当氨或碱作用于三价铁盐溶液时，析出红褐色 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。氧化铁 Fe_2O_3 用作棕红色颜料——铁丹或绛矾。亚铁氰化钾 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 为浅黄色晶体，以前用于干血和碳酸钾与铁共同灼烧制得，故称黄血盐。黄血盐的络阴离子在溶液中与三价铁离子相遇时，可化合生成不溶于水的亚铁氰化铁 $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ，具特殊蓝色，称普鲁士蓝。氯或溴作用于黄血盐溶液时，其阴离子被氧化成三价。含三价络阴离子的钾盐铁氰化钾 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 称为赤血盐，是深红色无水晶体。赤血盐与二价铁溶液作用，得到滕式蓝 $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ ，为晒蓝图纸上的蓝色。

以上各种颜色的铁化合物常被用于制作彩色水泥和水磨石。

六、硫

硫在地壳中总含量为0.10%。純粹的天然硫是黄色晶状固

体，比重2.07，熔点119°C，不溶于水。水泥制品用熔化的硫磺浸渍，可以提高防水和抗渗性能。当用圆柱形试模浇注混凝土抗压强度试件时，可用热的硫磺浇至表面加压使试件受压表面平整，称为“压顶”。

与无机建筑材料有关的主要是天然石膏及其在不同加热条件下的变种。用来制作建筑材料的主要是天然二水石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。加热不同温度失水不同，石膏就具有不同结构和特性。天然无水石膏称为硬石膏。硬石膏的溶解度极小，但在近地表部分，由于上覆压力降低，长时期受水的作用，有可能转变成带水石膏，体积膨胀10%，对地表的设施有巨大的破坏作用。当地层中含有无水芒硝 Na_2SO_4 时，也有可能吸水变成芒硝 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，体积膨胀，膨胀力可达0.025~1.51公斤/平方厘米。尤其是钙芒硝 $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ 遇水分解，不仅产生很大压力，而且对水泥混凝土结构有腐蚀作用，对工程危害很大。

七、碱金属

钾、钠是某些天然或人工无机建筑材料的重要化学成分，许多矿物和硅酸盐类岩石中都含有这两种元素。在地壳中钠含量达2.40%，钾含量达2.35%。由于熔点低，当煅烧含有钾、钠的矿物原料时，可降低烧成温度；又因碱金属是强还原剂，可在煅烧过程中形成还原气氛。很多钠盐都形成含有相当大量结晶水的结晶水化物。

第三节 硅酸盐化学概论

硅酸盐是组成地壳的主要成分之一，硅酸盐矿物占各类矿物总量的大约三分之一。硅酸盐材料是无机建筑材料中大量使用的极为重要的材料。因此硅酸盐化学在建筑材料化学中占有重要的地位。

一、硅及其主要化合物的化学特性

硅是组成矿物和岩石的主要元素。 SiO_2 是最常见的分布最广